

УДК 622.271

**Я.В. Наральник, асист.***Житомирський інженерно-технологічний інститут***СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БУРОПІДРИВНОГО СПОСОБУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ МОНОЛІТІВ ВІД МАСИВУ НА КАР'ЄРАХ З ВИДОБУВАННЯ БЛОКІВ ГАБРО ТА ЛАБРАДОРИТУ***(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)*

*Визначене місце буропідривного способу на сучасному етапі видобування блоків габро та лабрадориту. Враховуючи передові зарубіжні розробки, запропоновано шлях удосконалення підривних та бурових робіт, що дозволить покращити якість сировини та збільшити продуктивність підприємств з видобування габро та лабрадориту.*

Територія України є регіоном з дуже високою концентрацією гірничих підприємств, які займаються видобуванням та переробкою корисних копалин. Розвинутою є галузь з видобування декоративно-облицювальних каменів різного генетичного типу, з яких переважають породи високої міцності (граніти, габро, лабрадорити, діабазити та ін.). Їх поклади є на Українському кристалічному щиті, та розподілені вони на його території нерівномірно. Так, родовища габроїдних порід входять до складу формацій Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів. Серед порід даного типу найціннішими є габро та лабрадорити, основні поклади яких зосереджені на території Житомирської області (близько 90 %). Промислове видобування габро та лабрадориту здійснюється також у Рівненській, Кіровоградській та Черкаській областях.

Зростаюча популярність продукції даного виду каменю зумовлена його високими декоративними властивостями, особливою здатністю лабрадориту іризуватися, а також фізико-механічними властивостями, достатніми для використання виробів з цієї породи як облицювальних матеріалів. Це дає поштовх до пошуку ефективних способів видобування.

Способи відокремлення монолітів від масиву на кар'єрах облицювального каменю високої міцності можна об'єднати у три групи: підривні, механічні та фізико-технічні.

Ефективне застосування будь-якого із способів, що входять до складу цих груп, залежить від міцності та структури породи, відсоткового вмісту кварцу та темнокольорових мінералів, тріщинуватості масиву тощо.

На діючих кар'єрах Житомирщини з видобування габро та лабрадориту застосовуються буропідривний та бурокулиновий способи, фізико-технічний спосіб з використанням невибухових руйнуючих засобів (НРЗ), а останнім часом стали застосовуватися канатно-алмазні пили. Завдяки особливостям будови габро та лабрадориту використання термічного способу неможливе.

Крупнозерниста структура лабрадориту визначає доцільність використання цілісних способів при відокремленні монолітів даної породи, середньо- та дрібнозерниста структура габро обумовлює застосування відривних способів як найбільш ефективних.

Щілини можуть створюватися суцільним оббурюванням або канатним пилянням. Використання цих способів дозволяє зберегти монолітність масиву, отримати блоки правильної форми та зменшити втрати сировини. У більшості випадків спосіб суцільного оббурювання використовується в комбінації з іншими способами відокремлення монолітів для створення додаткової площини оголення. Для буріння суцільної щілини на діючих кар'єрах з видобування лабрадориту використовуються верстати ударно-обертальної дії СБУ-100 з діаметром свердловини 105 мм та шевматичні бурові установки "Слот Лайнер" з діаметром шпурів 43 мм. Використання бурових верстатів СБУ-100 призводить до значних втрат сировини у пропилах та характеризується низькою продуктивністю (близько 0,4 м<sup>2</sup>/год). Використання бурових установок "Слот Лайнер" дає можливість збільшити продуктивність процесу утворення щілини до 1,5 м<sup>2</sup>/год при скороченні втрат сировини у пропилах в 2,5-3 рази. Пиляння канатними пилами з алмазним інструментом є порівняно новим та дуже перспективним способом відокремлення монолітів від масиву на кар'єрах лабрадориту, особливо в умовах низької тріщинуватості. Його перспективність обумовлена високою швидкістю різання каменю (близько 4 м<sup>2</sup>/год), можливістю отримання пропилів значної довжини та невеликої ширини, а також низькою енергоємністю процесу.

Відривні способи здійснюються шляхом залучення вибухових речовин (ВР), ручних клинів, гідроклинів, гідророзколюючих пристроїв та НРЗ. Використання клинів та НРЗ не допускає утворення техногенних тріщин у масиві завдяки уповільненню їхньої дії, що дозволяє більш цілеспрямовано зорієнтувати зусилля розколювання у заданих напрямках. Відривні способи можна ефективно використовувати за наявності постільних тріщин, які досить добре розвинуті на родовищах габро, або при штучно створеній врубовій щілині у підшві блока, що відокремлюється. Ще один критерій ефективного використання відривних способів – це врахування анізотропних властивостей породи, тобто наявності площин ослаблення, що обумовлені неоднорідністю та шаруватістю будови порід.

Серед існуючих способів відокремлення монолітів на кар'єрах з видобування габро та лабрадориту основне місце посідає буропідривний спосіб. Його застосування є майже обов'язковим на даних кар'єрах завдяки універсальності, тобто можливості використання як при відокремленні великих монолітів від масиву, так і при поділі їх на товарні блоки, наспровці блоків, підробці підшви та виконанні гірничо-капітальних робіт. Використання цього способу можливе протягом року та не потребує великих трудовитрат. Про популярність цього способу можна зробити висновок з кількості вибухівки, що споживають видобувні підприємства. Так, протягом 1995–2001 років при розробці родовищ габро: Шадурського, Неражського, Сліпчицького I, Сліпчицького II та лабрадориту – Осникського, Кам'янобрідського, Добринського, "Кам'яно-Пічського" і Головинського було спожито близько 50 т ВР\*. Використання ВР по роках на цих кар'єрах наведено на рис. 1.

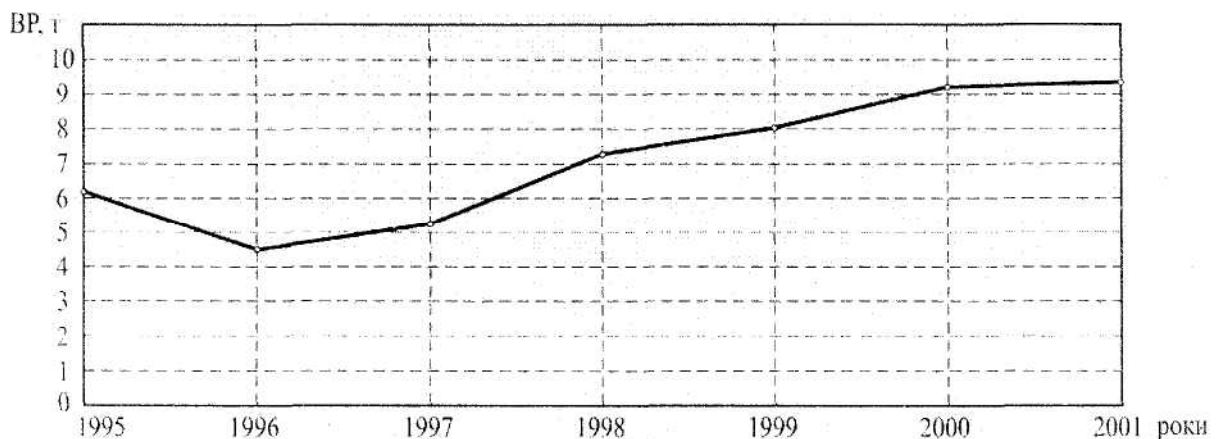


Рис. 1. Динаміка витрат ВР з роками підприємствами з видобування габро та лабрадориту

Збільшення обсягів споживання вибухівки за останні роки пояснюється зростанням обсягів видобування блоків габро та лабрадориту групою підприємств, а також виконанням деякими кар'єрами гірничо-капітальних робіт, що характеризуються збільшеними питомими витратами ВР.

Основною умовою використання ВР на кар'єрах облицювального каменю є збереження цілісності блоків, що видобуваються, та зменшення поширення техногенних мікротріщин. На кар'єрах з видобування габро та лабрадориту це певною мірою досягається використанням димного пороху (ДП) завдяки його високим металічним властивостям і низькій бризантності порівняно з детонуючим штурмом. Питомі витрати ДП в основному залежать від кількості площин, в яких необхідно здійснити відколювання, а також від орієнтування лінії відколу відносно напрямку анізотропії породи та її структури. Питомі витрати ДП при видобуванні габро та лабрадориту менші, ніж при видобуванні гранітів, і складають при відколюванні блоків в одній площині близько  $120 \text{ г/м}^3$ , а при відколюванні в двох площинах –  $180 \text{ г/м}^3$ .

Використання буропідривного способу характеризується великими технологічними втратами каменю. Оцінити їх можна за допомогою показника технологічного руйнування породи в площині оголення, який становить для даного способу  $0,25 \text{ м}^3/\text{м}^2$  (буроклинового способу –  $0,005$ ; способу із застосуванням НРЗ –  $0,0025$ ) [2]. Такі великі втрати породи є наслідком

\* За даними державного підприємства "Західукрвибухиром"

використання низькоточного бурового обладнання (ручних перфораторів типу ПП) та нерівномірності розподілу ДП вздовж шпура. Зосередження заряду ДП в шпурі призводить до утворення зон з великою концентрацією мікротріщин. Знизити нерівномірність розподілу ДП та поліпшити ефективність магістрального тріщиноутворення можна завдяки застосуванню зарядів ДП, дія яких забезпечує нерівномірний тиск продуктів детонації по периметрам шпурів. Направлене розколювання каменю досягається при розміщенні в шпурах холоднотягнутих труб з пазами або циліндричних дерев'яних прокладок, в яких є прорізаний спеціальний паз (рис. 2) [3]. Сталеві труби та дерев'яні прокладки розміщують в шпурах таким чином, щоб прорізи в них співпадали з напрямками необхідного розколювання каменю.

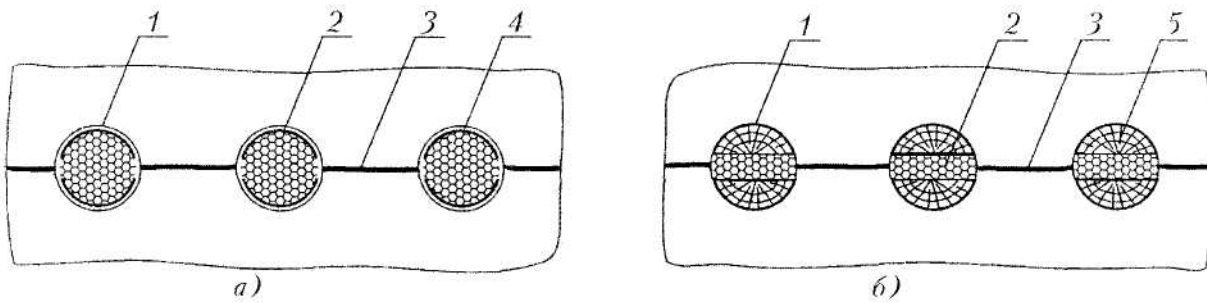


Рис. 2. Конструкції зарядів ДП:

а - при використанні труб з прорізами; б - при використанні дерев'яної прокладки з пазом;  
 1 - шпур; 2 - димний порох; 3 - лінія очікуваного відколу; 4 - труба з прорізом;  
 5 - циліндрична дерев'яна прокладка

Розглянуті конструкції зарядів ДП мають певні недоліки, пов'язані зі складністю виготовлення труб та дерев'яних циліндрів і ускладненою технологією підривних робіт.

Одним із шляхів удосконалення буропідривного способу є застосування ВР, що рівномірно передають розривне зусилля вздовж всієї довжини шпуру, утворюють мінімальну сітку тріщин та спрощують процес заряджання шпурів. Такими властивостями володіє продукція фірми "Форсит", якою розроблені спеціальні пластикові заряди (ПЗ). Здійснення вибуху за допомогою цих зарядів називають "м'яким" вибухом. Технічні властивості вибухівки фірми "Форсит" порівняно з ДП наведені у табл. 1 [1, 6].

Таблиця 1

Технічні властивості вибухівки фірми "Форсит"

Конструкція вибухівки	Швидкість детонації, м/с	Об'єм газів при детонації, л/кг	Густина, кг/дм <sup>3</sup>	Маса патрона, кг	Маса заряду в 1м шпура, кг	Теплота вибуху, МДж/кг
Формекс 22x400	1800	550	0,60	0,10	0,250	4,3
Ф-трубка 17x460	2500	335	0,95	0,10	0,220	2,8
Ф-трубка 11x460	2500	335	0,95	0,05	0,110	2,8
К-трубка 17x460	1900	160	0,95	0,10	0,220	1,4
Софткат 17x460	1200	330	0,50	0,05	0,120	2,0
Димний порох	300-500	280	0,95 - 0,97	-	0,59 Ø28 мм	3,0

Наведені у табл.1 типи ПЗ мають широкий діапазон технічних властивостей, що визначають силу вибуху, в зв'язку з цим є можливість підібрати для кожного виду ПЗ оптимальні умови використання. Величина сили вибуху залежить від кількості енергії та об'єму газів, що

утворюються при детонації і швидкості протікання детонації. Вирішальною є величина теплоти вибуху, яка у фінській вибухівці знаходиться в межах 1,4–4,3 МДж/кг. Максимальне значення енергії відповідає найбільшій руйнівній силі.

Основними завданнями, що вирішуються при використанні ПЗ як вибухівки на кар'єрах облицювального каменю є:

- правильний вибір конструкції заряду, що є можливістю звести до мінімуму розповсюдження тріщин вздовж шпuru вглиб масиву;
- обґрунтування кількісних параметрів ВР даного типу заряду, які будуть достатніми для утворення магістральної тріщини та посування блока (моноліту) на декілька сантиметрів.

Позитивному вирішенню поставлених завдань сприяє особливість розміщення ПЗ у шпурі (рис. 3), а саме:

- наявність повітряного проміжку між зарядом та стінками шпuru, що дозволить “пом'якшити” руйнівну силу вибуху;
- відсутність забивки у зарядженому шпурі, що дає можливість залишити в ньому необхідну кількість енергії для утворення розколюючої тріщини;
- можливість регулювання розміщення зарядів у шпурі, що призведе до оптимізації динамічного навантаження масиву в площині відколювання.

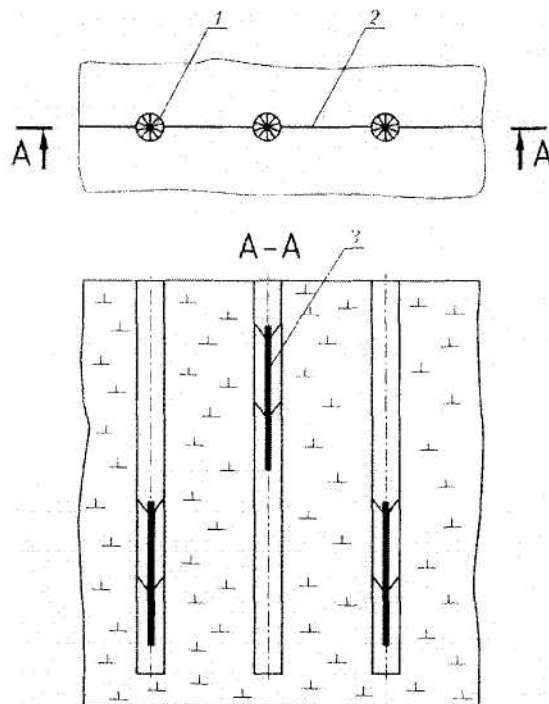


Рис. 3. Схема розміщення патронуванних зарядів у шпурах при видобуванні блоків лабрадориту: 1 – повітряний проміжок; 2 – лінія очікуваного відколу; 3 – патронуванний заряд

Величина сили вибуху визначається тиском продуктів детонації, що залежить від енергії вибуху зарядів  $E$ , Дж/кг; показника ізентронії продуктів детонації; маси заряду в 1 м шпuru та штики детонуєного шпuru, яким проводиться ініціювання заряду, відповідно  $q_1$  та  $q_2$ , кг/м; площі поперечного перетину шпuru  $S$ , м<sup>2</sup>. Тиск продуктів детонації при використанні ПЗ усередненої одиниці шпuru можна визначити за формулою [3]:

$$P = \frac{E(\gamma - 1)(q_1 + q_2)}{S}, \text{ Па.} \quad (1)$$

Кількість ПЗ для відокремлення блока (моноліту) та його посування залежать від об'єму блока  $V$ , м<sup>3</sup>; питомої витрати вибухівки  $z$ , кг/м<sup>3</sup> (визначається експериментальним шляхом); маси патрона  $m$ , кг, та визначається за формулою:

$$n = \frac{z \cdot V}{m}, \text{ шт.} \quad (2)$$



Ефективність наведених у табл.1 ПЗ перевірена Хельсінкським Технологічним Університетом на граніті з торговою назвою "Balmoral Red" (кар'єр Ахайнен, Фінляндія), що за фізичними властивостями, мінералогічним складом та структурою подібний до Лезниківського граніту (торгова назва "Ukrainian Red", Україна) [4, 5, 6]. Порівняльна характеристика даних гранітів наведена у табл. 2.

Таблиця 2

*Фізичні властивості, мінеральний склад та структура гранітів*

Показники	Торгова назва граніту (країна, де розташоване родовище)	
	Balmoral Red (Фінляндія)	Ukrainian Red (Україна)
Фізичні властивості:		
1. Питома вага, кг/м <sup>3</sup>	2644	2660
2. Міцність на стиск, МПа	184	138-270
3. Адсорбційна здатність, %	0,15	0,5
Структура:	середньозерниста	середньозерниста
Мінеральний склад:		
1. Калійний польовий шпат, %	40	45-65
2. Кварц, %	33	до 30
3. Плагіоклаз, %	19	5-20
4. Біотит, %	8	5

Руйнування монолітних гірських порід шляхом підривання ВР, що володіють металевими властивостями призводить до утворення навколо заряду зони руйнування, що включає у себе зони тріщиноутворення і подріблення. Параметри розвитку зони руйнування в експериментальних вибухах наведені в табл. 3 [6].

Таблиця 3

*Розвиток сітки тріщин, що спостерігається в експериментальних вибухах*

Показники	Конструкція заряду				
	K-17x460	F-11x460	F-17x460	Softcut 17x460	Formex 22x400
Зона руйнування, см	2	5	14	15	26
ДШ, яким проводилось ініціювання, г/м	10	10	5	5	5

Видобування блоків на Лезниківському родовищі гранітів проводиться з використанням буропідривної технології. Як вибухівка використовується традиційна для України ВР – димний порох.

Аналіз шліфованих розпилів граніту даного родовища дає можливість стверджувати, що розповсюдження сітки тріщин вглиб блоків відбувається на відстань до 7 см. А це майже у 3 рази більше, ніж при використанні ПЗ марки K-17x460.

Експериментальне використання зарядів K-17x460 при видобуванні лабрадориту на родовищах Осницьке та Добрянське впродовж 5 років (1995÷1999 рр.) довело доцільність використання даного типу заряду. За вказаний період було використано близько 1,5 тонн ПЗ.

Під час експериментального відокремлення моноліту об'ємом 25 м<sup>3</sup> (ВП "Осники") було витрачено 27 штук K-трубок (питома витрата ПЗ склала 0,108 кг/м<sup>3</sup>), при цьому відбулося відокремлення моноліту по площині забурених шпурів з відсутністю його видимих пошкоджень, зміщення моноліту склало 3÷4 см.

Використання ВР для відокремлення монолітів невід'ємно пов'язане з виконанням бурових робіт. Аналіз стану бурового устаткування на родовищах габро та лабрадориту свідчить про моральну застарілість та фізичну зношеність цього виду обладнання, яке представлено в основному ручними перфораторами типу ПП, буровими верстатами ударно-обертальної дії або, в найкращому випадку, автоматичними буровими установками з пневмоперфораторами.

Використання ручної бурової техніки призводить до великих втрат продукції через їх низьку точність, оскільки відхилення бурової штанги лише на 5° від вертикалі при висоті уступу 4 м призводить до зміщення шпурів на рівні підшви на 35 см.

Швидкий та успішний розвиток у Фінляндії технології гідравлічного буріння вплинув на стан бурових робіт при розробці родовищ габро та лабрадориту в Україні, де останнім часом з'явилося багато бурових установок фірми "Tamrok". Основними перевагами гідравлічного буріння є: підвищена продуктивність (на 40+50 % більша, ніж пневматичного) при сталій кількості обслуговуючого персоналу, висока точність бурових робіт завдяки автоматичному контролю напрямку буріння та глибини шпура, зниження витрат пального на 50 %, відсутність повітряних компресорів, покращення умов роботи обслуговуючого персоналу (уловлювання шлу, зниження рівня шуму та простота керування буровими установками).

Не зважаючи на розвиток механічних способів відокремлення монолітів від масиву, буропідливний спосіб ще посідає основне місце при розробці родовищ габро та лабрадориту в Україні. Сучасний стан ведення бурових та підливних робіт залишається на досить низькому рівні, про що свідчить широке застосування ручних способів буріння та абсолютне використання як ВР димного пороху. Перспективність буропідливного способу підтверджується світовим досвідом видобування облицювального каменю, де зменшення втрат сировини досягається виключним використанням ПЗ, що спричиняють пом'якшену дію на камінь, та бурового обладнання, що дозволяє швидко та точно виконати необхідний обсяг бурових робіт. Головною причиною обмеженого використання гідравлічних бурових верстатів в Україні є їх велика вартість, а патронування зарядів – їх відсутність на внутрішньому ринку та недостатня інформація про умови їх використання.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Гуцун В.И.* Справочник взрывника на карьере. – Изд. 2-е. – М.: Недра, 1971.
2. *Калюжия В.В.* Підвищення ефективності технологічних комплексів видобування природного облицювального каменю з родовищ габро та лабрадориту: Дис. ...канд. техн. наук: 05.15.03. – Київ, 2000. – 183 с.
3. *Карасев Ю.Г., Бакка П.Т.* Природный камень. Добыча блочного и стенового камня: Учебное пособие. – Санкт-Петербургский горный ин-т. – 1997. – 428 с.
4. *Личак И.Л.* Петрология Коростенского плутона. – К.: Наук. думка, 1983. – 248с.
5. *Осколков В.А.* Облицовочные камни месторождений СССР: Справочное пособие. – М.: Недра, 1984. – 192с.
6. *Пертти Хейккила, Юха Йокисен, Калле Юлатало.* Эффект взрывного заряда на развитие взрывного разрушения скал. – Хельсинкский Технологический Университет. – 1992.

НАРАЛЬНИК Ярослав Володимирович – асистент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- технологія видобування декоративного каменю.

Подано 23.01.2003